平成 22 年度

第 1 種

理　　論

（第 1 時限目）

第１種　**理　　論**

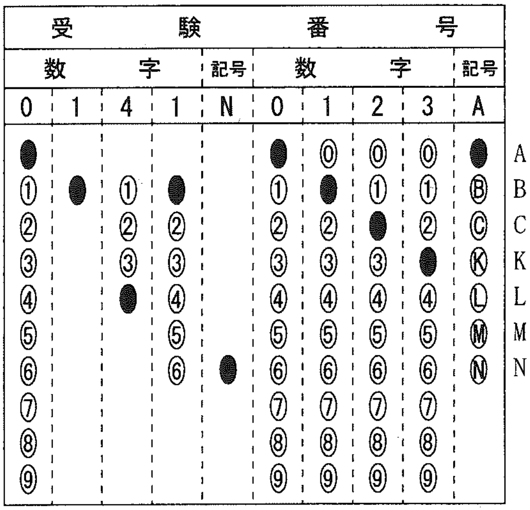
答案用紙記入上の注意事項

１．マークシート（答案用紙）は機械で読み取りますので，**濃度ＨＢの鉛筆又はＨＢ（又はＢ）のしんを用いたシャープペンシルで濃く塗りつぶして**ください。色鉛筆やボールペンでは機械で読み取ることができません。

なお，訂正は「プラスチック消しゴム」で**きれいに消し**，消しくずを残さないでください。

２．マークシートには**氏名，生年月日，試験地及び受験番号を記入し，受験番号のマーク欄にはマークシートに印刷されているマーク記入例に従い，正しくマーク**してください。

（受験番号記入例：０１４１Ｎ０１２３Ａの場合）



３．マークシートの余白及び裏面には，何も記入しないでください。

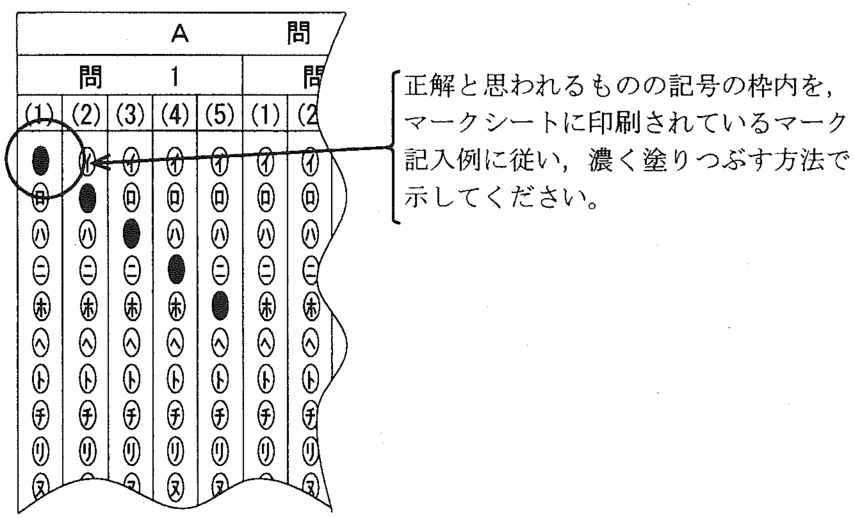
４．マークシートは，折り曲げたり汚したりしないでください。

5．解答は，マークシートの問番号に対応した解答欄にマークしてください。

例えば，問１の $\boxed{\quad(1)\quad}$ と表示のある問に対して(イ)と解答する場合は，下の例のように問１の(1)の ㋑ をマークします。

なお，マークは各小問につき一つだけです。二つ以上マークした場合には，採点されません。

（マークシートへの解答記入例）



6．問６と問７は**どちらか１問を選択**してください。選択した問題は，マークシートの**「選択問題マーク欄」**にマークしてください。**２問とも選択した場合は採点されません。**

（この問題は持ち帰ってください。また，白紙部分はメモ用紙として使用できます。）

次ページ以降は試験問題になっていますので，試験開始の合図があるまで，開いてはいけません。 **試験問題に関する質問にはお答えできません。**

第 1 種	理　　論

A問題（配点は1問題当たり小問各2点，計10点）

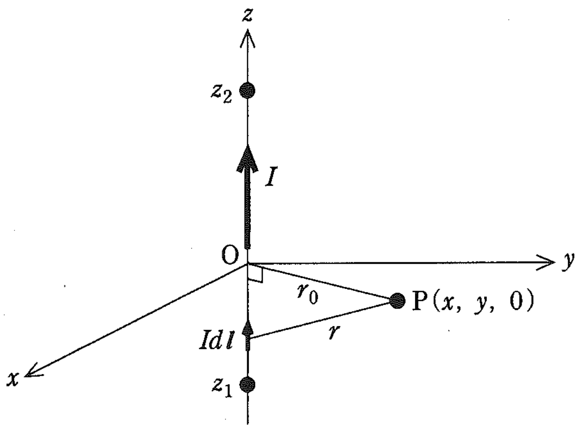
問1　次の文章は，直線状の無限長導体に流れる電流が作る磁界に関する記述である。

文中の $\boxed{}$ に当てはまる語句又は式を解答群の中から選びなさい。

xyz 直角座標系において磁束密度 $\boldsymbol{B}=(B_x,\ B_y,\ B_z)$ に対して，次の式を満足するベクトル $\boldsymbol{A}=(A_x,\ A_y,\ A_z)$ を，$\boldsymbol{B}$ のベクトルポテンシャルという。

$$\boldsymbol{B}=\mathrm{rot}\,\boldsymbol{A}=\left(\frac{\partial A_z}{\partial y}-\frac{\partial A_y}{\partial z},\ \frac{\partial A_x}{\partial z}-\frac{\partial A_z}{\partial x},\ \frac{\partial A_y}{\partial x}-\frac{\partial A_x}{\partial y}\right) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \text{①}$$

図に示すように，真空中において，z 軸上の無限長導体を正方向に流れる電流 I による点Pにおけるベクトルポテンシャルを求めてみる。



図中の電流素片 Idl による点 P$(x,\ y,\ 0)$ における磁束密度 dB のベクトルポテンシャル dA は，点 P の Idl からの距離を r として，次式で与えられる。ここで，μ_0 は真空の透磁率である。

$$dA=\frac{\mu_0 Idl}{4\pi r} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \text{②}$$

電流が z 軸方向成分しか持たないことから，ベクトルポテンシャルは $\boxed{(1)}$ 方向成分だけを持つ。

点 z_1 から点 z_2 に流れる電流による，点Pにおけるベクトルポテンシャルの $\boxed{(1)}$ 方向成分 $A_{(1)\text{成分}}{}^{z_1 z_2}$ は，②式から次式で表される。

$$A_{(1)\text{成分}}{}^{z_1 z_2}=\frac{\mu_0 I}{4\pi}\int_{z_1}^{z_2}\boxed{(2)}\,\mathrm{d}z \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \text{③}$$

$$=\frac{\mu_0 I}{4\pi}\ln\frac{z_2+\sqrt{x^2+y^2+z_2{}^2}}{z_1+\sqrt{x^2+y^2+z_1{}^2}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \text{④}$$

ここで，$z_1 \to -\infty$，$z_2 \to +\infty$とすると，ベクトルポテンシャルは発散してしまう。

そこで，z 軸からの距離 1〔m〕の点のベクトルポテンシャルを基準として，点 P のベクトルポテンシャルを表すことを考える。すなわち，③式で表される任意の点のベクトルポテンシャルと，基準のベクトルポテンシャルとの差として新たにベクトルポテンシャルを表すことを考える。また，対称性を考慮して，$-\infty$から$+\infty$までの積分の代わりに 0 から$+\infty$までの積分値を 2 倍することで，次式を得る。

$$A_{(1)成分} = 2 \times \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int_0^{\infty} \left(\boxed{\quad (2) \quad} - \boxed{\quad (3) \quad} \right) \mathrm{d}z \qquad \cdots\cdots\cdots \quad ⑤$$

この積分計算を行うと，$A_{(1)成分}$は次式のように求めることができる。

$$A_{(1)成分} = -\frac{\mu_0 I}{4\pi} \ln(x^2 + y^2) \qquad \cdots\cdots\cdots \quad ⑥$$

これを①式に代入することで，点 P の磁束密度の各成分を求めることができる。例えば，磁束密度の x 軸方向成分 B_x は次式のとおり求まる。

$$B_x = -\frac{\mu_0 I}{2\pi} \times \boxed{\quad (4) \quad} \qquad \cdots\cdots\cdots \quad ⑦$$

同様にして，B_y，B_z を求めることができ，これらより点 P における磁束密度 $\boldsymbol{B}$ の大きさは以下のように表すことができる。

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi} \times \boxed{\quad (5) \quad} \qquad \cdots\cdots\cdots \quad ⑧$$

〔問 1 の解答群〕

(イ) $\sqrt{x^2 + y^2}$　　(ロ) $\dfrac{y}{x^2 + y^2}$　　(ハ) $\dfrac{1}{z + \sqrt{x^2 + y^2}}$

(ニ) $\dfrac{1}{x^2 + y^2}$　　(ホ) y 軸　　(ヘ) $\sqrt{1 + z^2}$

(ト) $\dfrac{y}{\sqrt{x^2 + y^2}}$　　(チ) $z + \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$　　(リ) $\dfrac{1}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}}$

(ヌ) $\dfrac{x}{x^2 + y^2}$　　(ル) $\dfrac{1}{\sqrt{1 + z^2}}$　　(ヲ) z 軸

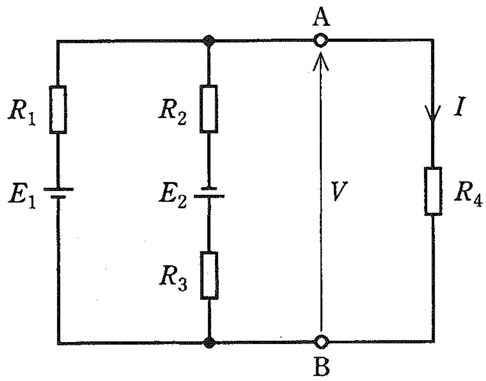
(ワ) $z + \sqrt{1 + z^2}$　　(カ) x 軸　　(ヨ) $\dfrac{1}{\sqrt{x^2 + y^2}}$

問２　次の文章は，直流回路に関する記述である。文中の $\boxed{}$ に当てはまる最も適切な式を解答群の中から選びなさい。

図において，抵抗 R_4 に流れる電流 I をミルマンの定理を用いて求めたい。

まず，電圧源を短絡除去して端子 A－B 間からみた回路全体のコンダクタンスを求めると $\boxed{(1)}$ となる。次に，端子 A－B 間を短絡したときに，端子 B から抵抗 R_1 と R_2 を介して端子 A に流れる電流の和を求め，$\boxed{(1)}$ で割れば，$V=\boxed{(2)}$ となる。したがって，$I=\boxed{(3)}$ となる。

さらに，R_4 で消費される電力が最大となる R_4 の値を求めてみよう。R_4 で消費される電力 P は $P=I^2R_4$ で求められるから，R_4 の値が $R_4=\boxed{(4)}$ の条件を満足する場合に電力は最大となり，最大電力 P_m は $P_m=\boxed{(5)}$ となる。



●F1－R006

〔問２の解答群〕

(イ) $\dfrac{(R_2+R_3)E_1-R_1E_2}{R_1(R_2+R_3)+R_4(R_1+R_2+R_3)}$

(ロ) $\dfrac{R_2R_3}{R_1+R_2+R_3}$

(ハ) $\dfrac{R_1(R_2+R_3)}{R_1+R_2+R_3}$

(ニ) $\dfrac{[(R_2+R_3)E_1-R_1E_2]^2}{2(R_1+R_2+R_3)}$

(ホ) $\dfrac{R_2R_3[(R_2+R_3)E_1-R_1E_2]}{R_4(R_2+R_3)(R_1R_2+R_1R_3+R_2R_3)+R_1R_2R_3(R_2+R_3)}$

(ヘ) $\dfrac{1}{R_1}+\dfrac{1}{R_2}+\dfrac{1}{R_3}+\dfrac{1}{R_4}$

(ト) $\dfrac{1}{R_1}+\dfrac{1}{R_2+R_3}$

(チ) $\dfrac{1}{R_1}+\dfrac{1}{R_4}+\dfrac{1}{R_2+R_3}$

(リ) $\dfrac{(R_2+R_3)E_1-R_1E_2}{(R_1+R_2+R_3)R_4}$

(ヌ) $\dfrac{(R_2+R_3)E_1-R_1E_2}{R_1(R_2+R_3)+R_4(R_1+R_2+R_3)}R_4$

(ル) $\dfrac{(R_2+R_3)E_1-R_1E_2}{R_1+R_2+R_3}$

(ヲ) $\dfrac{[(R_2+R_3)E_1-R_1E_2]^2}{4R_1(R_2+R_3)(R_1+R_2+R_3)}$

(ワ) $\dfrac{R_2R_3R_4[(R_2+R_3)E_1-R_1E_2]}{R_4(R_2+R_3)(R_1R_2+R_1R_3+R_2R_3)+R_1R_2R_3(R_2+R_3)}$

(カ) $\dfrac{R_2R_3[(R_2+R_3)E_1-R_1E_2]^2}{4R_1(R_2+R_3)^2(R_1R_2+R_1R_3+R_2R_3)}$

(ヨ) $\dfrac{R_1R_2R_3}{R_1R_2+R_1R_3+R_2R_3}$

問３　次の文章は，分布定数回路に関する記述である。文中の $\boxed{}$ に当てはまる式又は図を解答群の中から選びなさい。

図のように特性インピーダンスが Z の半無限長無損失線路の終端Ａに負荷が接続されている。

波頭が階段状で波高値 E の電圧波 e が Z 側から終端Ａに向かって入射し，それに伴い波頭が階段状で波高値 I の電流 i が流れた。入射波は時刻 $t=0$ のとき終端Ａに達した。このときの終端Ａでの電流 i と反射による電流 i_1 及び負荷に流れる電流 i_0 との関係を求めたい。電流 i_1，電流 i_0 及び終端Ａでの反射により生じる電圧 e_1 を図のようにとる。電流は入射波が終端Ａに向かって進行する方向を正とする。

負荷が静電容量 C のときについて考える。C の電荷を q とする。ただし，時刻 $t=0$ において $q=0$ とする。

入射波到達後において，終端Ａでの電圧，電流の関係は次式で表される。

$$\left.\begin{aligned} &E+e_1=ZI+(-Zi_1)=\boxed{(1)} \\ &I+i_1=i_0 \\ &i_0=\frac{\mathrm{d}q}{\mathrm{d}t} \end{aligned}\right\} \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots ①$$

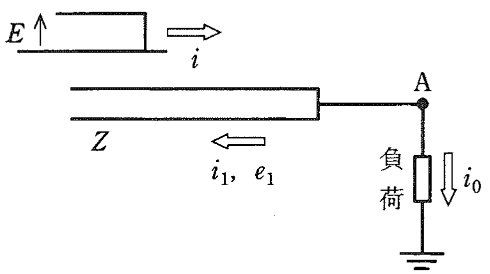
これらの式より，q の時間変化を表す微分方程式が得られる。この式を初期値を考慮して解くと，

$$q=\boxed{(2)} \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots ②$$

となる。i_1 を I を用いて表すと次式となる。

$$i_1=\boxed{(3)} \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots ③$$

このときの i_1 の時間的変化を表す図は $\boxed{(4)}$ である。また，負荷に流れる電流 i_0 の時間的変化を表す図は $\boxed{(5)}$ である。



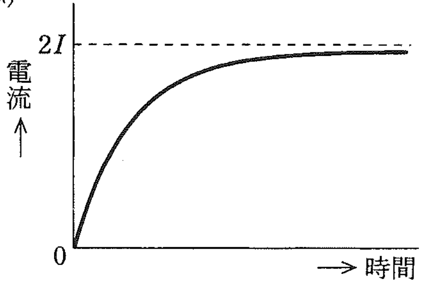
〔問３の解答群〕

(イ) $ZIC\left(1-\mathrm{e}^{-\frac{1}{ZC}t}\right)$　(ロ) $\dfrac{q}{C}$　(ハ) $\left(1-\mathrm{e}^{-\frac{1}{ZC}t}\right)I$

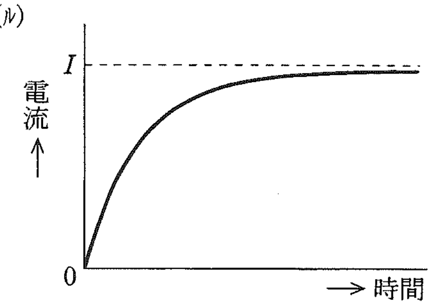
(ニ) $\dfrac{1}{C}\displaystyle\int q\,\mathrm{d}t$　(ホ) $\left(\mathrm{e}^{-\frac{1}{ZC}t}-1\right)I$　(ヘ) $2ZIC\left(1-\mathrm{e}^{-\frac{1}{ZC}t}\right)$

(ト) $\left(2\mathrm{e}^{-\frac{1}{ZC}t}-1\right)I$　(チ) $ZIC\left(\mathrm{e}^{-\frac{1}{ZC}t}-1\right)$　(リ) $C\dfrac{\mathrm{d}q}{\mathrm{d}t}$

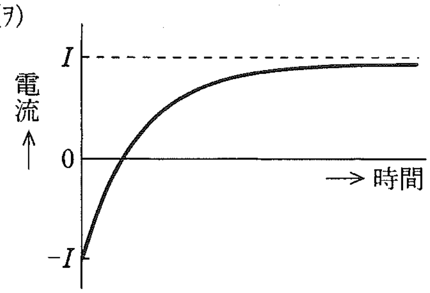
(ヌ)



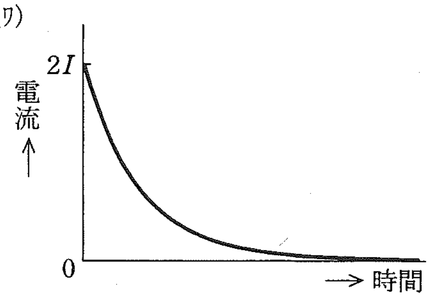
(ル)



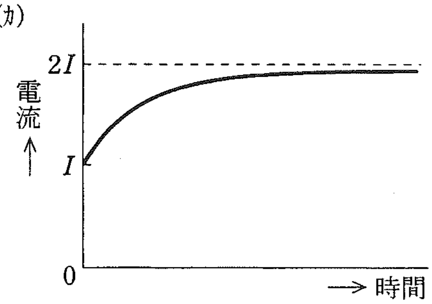
(ヲ)



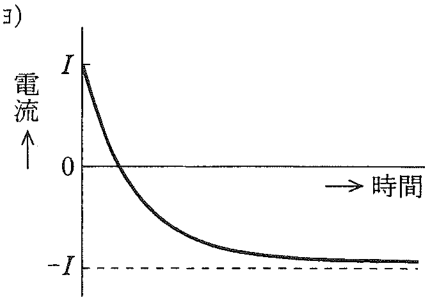
(ワ)



(カ)



(ヨ)



問4　次の文章は，2極真空管に関する記述である。文中の $\boxed{}$ に当てはまる語句を解答群の中から選びなさい。

真空中への電子の放出には，金属を高温にして固体内の電子が仕事関数より大きな熱エネルギーを得ることで電子を放出させる熱電子放出がよく用いられる。真空中において対向している二つの金属を考え，一方の金属のみを加熱する。この加熱される金属を電極Aとし，もう一方を電極Bとする。また，電極Aは接地され，その電位は零である。電極Aから熱電子が放出されている状況で，電極Bの電位を $\boxed{(1)}$ とすると，電極Aから放出されたほとんどの電子は電極Bに集まる。他方，これとは逆の電位を電極Bに与えると，電極Aから放出されたほとんどの電子は電極Aに戻ってしまう。したがって，電極A-B間の電圧―電流特性は $\boxed{(2)}$ を示す。

電流が流れる方向の電圧を電極A-B間に印加したとき，電極Aの温度が低ければ，真空中に電子はわずかしか存在せず，電極Bから出た電気力線はほとんどすべて電極Aで終端する。ここで，放出される電子数が電極A-B間の電圧によらず一定とすると，電流は電圧 $\boxed{(3)}$ 。

しかし，電極Aの温度を上げていくと放出された電子の量が増え，その電子の $\boxed{(4)}$ 効果が顕著になる。温度を上げ続けるとさらに出てくる電子の量が増え，電子を $\boxed{(5)}$ 電界が電極Aの周りにできる。したがって，電極Aの温度が高いときは，電極A-B間の電圧の大きさで飛び出てくる電子の量を変えられ，電圧で電流量を変化できる。

●F1－R010

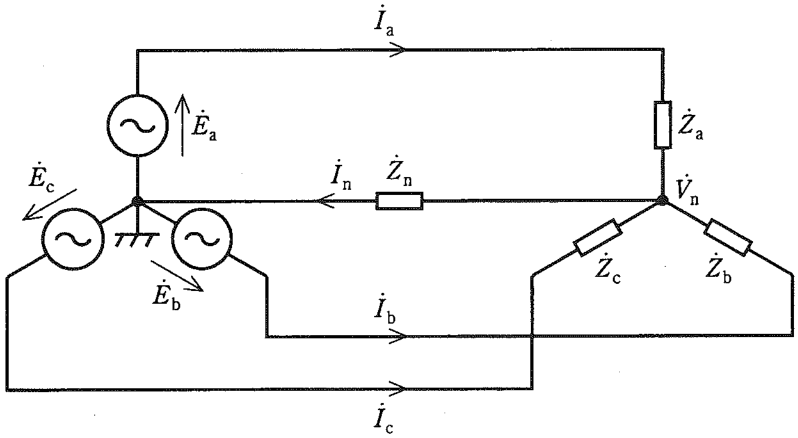
〔問４の解答群〕

(イ) に依存しない
(ロ) 正
(ハ) 電極Ｂの方向に加速する
(ニ) の２乗に比例して増加する
(ホ) 空間電荷
(ヘ) 増幅特性
(ト) 負
(チ) 電極Ａへ押し戻す
(リ) 分　極
(ヌ) 温度制限
(ル) 抵抗と同じ特性
(ヲ) 電極Ａから引き出す
(ワ) 電極Ａと同電位
(カ) 整流特性
(ヨ) に比例して増加する

B問題（配点は1問題当たり20点）

問5　次の文章は，三相回路に関する記述である。文中の $\boxed{}$ に当てはまる最も適切な式を解答群の中から選びなさい。

図の非対称三相 Y 形負荷回路で，a，b，c 各相のインピーダンスをそれぞれ $\dot{Z}_a = 10$〔Ω〕，$\dot{Z}_b = 12.5$〔Ω〕，$\dot{Z}_c = 16$〔Ω〕，負荷中性点と接地点間のインピーダンスを $\dot{Z}_n = 5$〔Ω〕とする。この負荷に $\dot{E}_a = 100$〔V〕，$\dot{E}_b = 100\angle -\frac{2\pi}{3}$〔V〕，$\dot{E}_c = 100\angle -\frac{4\pi}{3}$〔V〕の対称三相 Y 形電源を接続した。ただし，電源の中性点は接地されているものとする。このとき，負荷中性点の電圧 $\dot{V}_n$ は $\boxed{(1)}$〔V〕であり，流れる各線電流はそれぞれ $\dot{I}_a = \boxed{(2)}$〔A〕，$\dot{I}_b = \boxed{(3)}$〔A〕，$\dot{I}_c = \boxed{(4)}$〔A〕，$\dot{I}_n = \boxed{(5)}$〔A〕となる。



〔問５の解答群〕

(イ) $0.650 - j0.342$	(ロ) $0.406 - j0.214$	(ハ) $9.35 + j0.342$
(ニ) $11.9 - j6.26$	(ホ) $-4.00 - j6.93$	(ヘ) $0.575 - j0.303$
(ト) $6.50 - j3.42$	(チ) $2.37 - j1.25$	(リ) $10.0 + j0.00$
(ヌ) $0.520 - j0.274$	(ル) $-3.13 + j5.41$	(ヲ) $1.30 - j0.685$
(ワ) $2.88 - j1.52$	(カ) $-3.53 + j5.63$	(ヨ) $-4.52 - j6.65$

問６及び問７は選択問題ですから，このうちから１問を選んで解答してください。

（選択問題）

問６　次の文章は，平行平板電極と誘電体に関する記述である。文中の $\boxed{}$ に当てはまる式を解答群の中から選びなさい。

図１のように，真空中に極板面積が S，極板間隔が d の平行平板電極があり，S は d に比べて十分大きいとする。この電極間の電圧が V になるまで充電し，電源から切り離した。これを初期状態とする。真空の誘電率を ε_0 とするとき，以下の関係が成り立つ。ただし，端部の影響は無視できるものとする。

a．初期状態で一方の極板に蓄えられる電荷量は $\boxed{(1)}$ であり，電極間に働く力の大きさは $\boxed{(2)}$ である。

b．初期状態にある平行平板電極間に，図２のように厚さが d，比誘電率が ε_r の誘電体を，極板と接する面積が S になるように挿入した。このときの電極間の電圧は $\boxed{(3)}$ となる。

c．初期状態にある平行平板電極間に，図３のように厚さが d，比誘電率が ε_r の誘電体を，極板と接する面積が $\dfrac{S}{3}$ になるように挿入した。このとき，電極間の電圧は $\boxed{(4)}$ となり，全体の静電容量は $\boxed{(5)}$ となる。

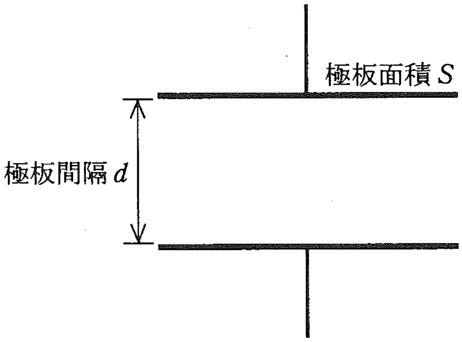


図 1

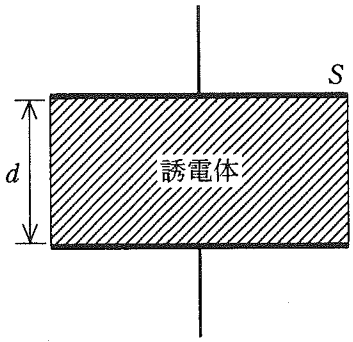


図 2

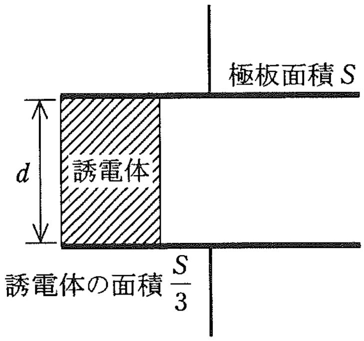


図 3

〔問 6 の解答群〕

(イ) $\dfrac{3}{2-\varepsilon_r}V$　　(ロ) $\dfrac{V}{{\varepsilon_r}^2}$　　(ハ) $\dfrac{3}{2+\varepsilon_r}V$

(ニ) $\dfrac{2\varepsilon_r}{3}\cdot\dfrac{\varepsilon_0 S}{d}$　　(ホ) $\dfrac{\varepsilon_0 S V^2}{2d^2}$　　(ヘ) $\dfrac{2+\varepsilon_r}{3}\cdot\dfrac{\varepsilon_0 S}{d}$

(ト) $\dfrac{\varepsilon_0 S V^2}{2d}$　　(チ) $\dfrac{\varepsilon_0 S V^2}{d^2}$　　(リ) $\dfrac{\varepsilon_0 V}{d}$

(ヌ) $\dfrac{\varepsilon_0 S V}{d}$　　(ル) $\dfrac{\varepsilon_0 S}{d}$　　(ヲ) $\varepsilon_r V$

(ワ) $\dfrac{V}{\varepsilon_r}$　　(カ) $\dfrac{3}{2\varepsilon_r}V$　　(ヨ) $\dfrac{2-\varepsilon_r}{3}\cdot\dfrac{\varepsilon_0 S}{d}$

（選択問題）

問７　次の文章は，図１に示すMOSFETを用いた直流で動作する回路に関する記述である。文中の $\boxed{}$ に当てはまる数値を解答群の中から選びなさい。ただし，MOSFETのゲート・ソース間電圧 V_{GS} とドレーン・ソース間電圧 V_{DS} は図２のとおりに定義され，しきい電圧を V_T とするとき，ドレーン電流 I_D は

$$I_D = K(V_{GS}-V_T)^2 \quad \cdots\cdots ①$$

で表されるものとする。ここで，K は比例定数であり，①式が成り立つためにはゲート・ソース間電圧 V_{GS} とドレーン・ソース間電圧 V_{DS} は

$$V_{DS} \geqq V_{GS}-V_T > 0 \quad \cdots\cdots ②$$

を満たさなければならない。また，ゲート電流は常に零である。

図１の回路において，２個のMOSFETの K と V_T がそれぞれ等しく，$V_B = 0.50$〔V〕，$V_{DD} = 3.0$〔V〕，$V_T = 0.30$〔V〕とする。

まず，MOSFET M_1 について②式の関係を満足するためには，入力電圧 V_{in} は $\boxed{(1)}$〔V〕以下でなければならない。次に，MOSFET M_2 が②式の関係を満足するためには，出力電圧 V_{out} は $\boxed{(2)}$〔V〕以上でなければならない。

いま，入力電圧 V_{in} が $\boxed{(1)}$〔V〕以下で，出力電圧 V_{out} が $\boxed{(2)}$〔V〕以上であると仮定する。さらに，出力電流 I_{out} が０〔A〕であるとすると，$I_{D1} = I_{D2}$ が成り立つ。この式と①式から $V_{in}-V_{out}$ が $\boxed{(3)}$〔V〕又は $\boxed{(4)}$〔V〕と求められる。ただし，$V_{in}-V_{out}$ が $\boxed{(4)}$〔V〕の場合，MOSFET M_1 について②式の関係が成り立たないので，$V_{in}-V_{out}$ は $\boxed{(3)}$〔V〕でなければならない。このことから，V_{in} が 1.5〔V〕のとき V_{out} は $\boxed{(5)}$〔V〕であることがわかる。

●F1－R016

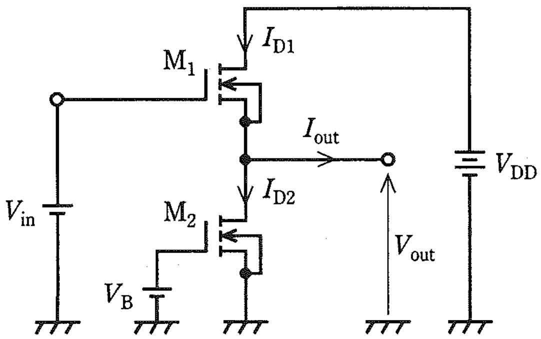


図 1

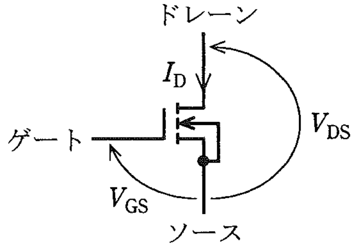


図 2

〔問７の解答群〕

(イ) 0.40	(ロ) 3.0	(ハ) 0.60	(ニ) 0.10
(ホ) 1.0	(ヘ) 3.3	(ト) 0.80	(チ) 1.3
(リ) 0.30	(ヌ) 0.90	(ル) 0.50	(ヲ) 2.0
(ワ) 0.70	(カ) 2.7	(ヨ) 0.20	